

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

УДК 552.321.1,2

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ЮЛИНСКОГО КОМПЛЕКСА (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

М.В. Полухова, А.И. Чернышов



Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Петрографическое исследование пород юлинского интрузивного комплекса (Южная Сибирь, Хакасия) позволило выявить главные типы пород. Установленные вариации составов породообразующих минералов отражают, главным образом, их принадлежность к определенному типу пород. Составы минералов нередко укладываются в тренды, которые, очевидно, указывают на генетическое родство пород и их образование из близких по составу магматических расплавов.

Ключевые слова: юлинский комплекс, петрография, породы умереннощелочного и нормального ряда, структурные особенности, минеральный состав

Введение

Целью настоящей работы является петрографическая характеристика интрузивных пород юлинского комплекса на примере Котурского и Юлинского

массивов Южной Сибири. В северо-восточной части Кузнецкого Алатау на территории Батеневского кряжа установлен ряд интрузивных массивов юлинского комплекса, в том числе Котурский и Юлинский (рис. 1).

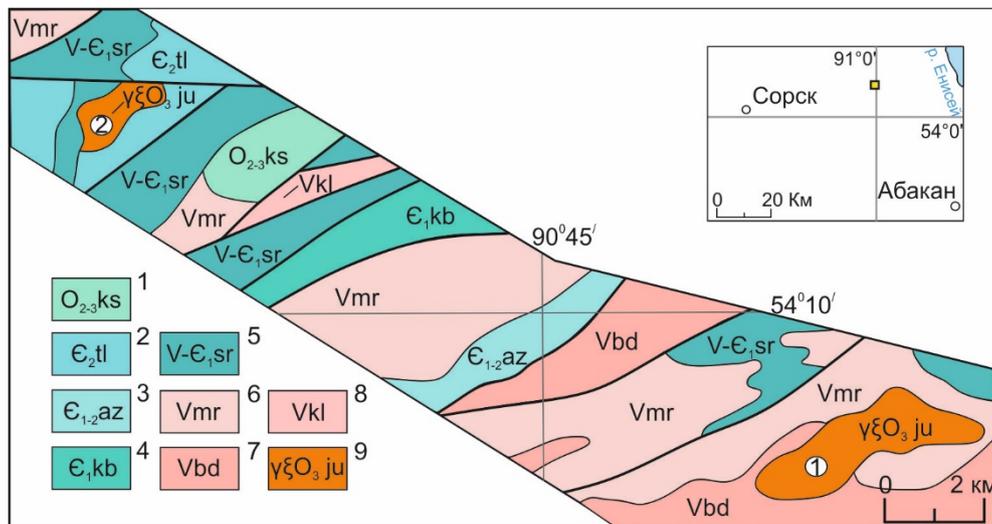


Рис. 1. Фрагмент геологического строения юго-восточного склона Батенёвского кряжа (составлена по материалам [Беззубцев и др., 2008])

1 – базальты, трахибазальты, андезиты кошкулакской свиты; 2 – песчаники, алевролиты, гравелиты толчинской свиты; 3 – известняки, песчаники, алевролиты азыртальской свиты; 4 – известняки, конгломераты, песчаники кутенбулукской свиты; 5 – доломиты, известняки, фосфориты, бариты сорнинской свиты; 6 – доломиты, известняки, карбонатные брекчии мартюхинской свиты; 7 – известняки, доломиты биджинской свиты; 8 – андезибазальты, базальты, туфы нижнекульбюрстюгской подсвиты; 9 – породы сиенит-граносиенитовой ассоциации юлинского комплекса. Исследуемые массивы: 1 – Котурский; 2 – Юлинский. На врезке показано географическое положение района

Fig. 1. Fragment of the geological structure of the southeastern slope of the Batenevsky ridge (compiled from materials [Bezzubtsev et al., 2008])

1 – basalts, trachybasalts, andesites of the Koshkulak suite; 2 – sandstones, siltstones, gravelstones of the Tolchein suite; 3 – limestones, sandstones, siltstones of the Azyrtal suite; 4 – limestones, conglomerates, sandstones of the Kutenbuluk suite; 5 – dolomites, limestones, phosphorites, barites of the Sorninskaya suite; 6 – dolomites, limestones, carbonate breccias of the Martyukhinskaya suite; 7 – limestone, dolomite of the Bidzhinsky suite; 8 – basaltic andesite, basalt, tuff of the lower Kulbyurstyug subformation; 9 – rocks of the syenite-granosyenite association of the Yulinsk complex. The investigated massifs: 1 – Kotursky; 2 – Yulinsky. The inset shows the geographic location of the area

Эти массивы являются резко дискордантными, гипабиссальными телами и сложены преимущественно умереннощелочными породами [Перфилова, 1999; Полюхова, Чернышов, 2020]. Юлинский комплекс в самостоятельное подразделение был выделен в 1947 г. И.К. Баженовым [Баженов, 1947], которое до сих пор полностью соответствует современному пониманию. Массивы юлинского комплекса залегают среди осадочных толщ вендских и венд-кембрийских отложений (известняки, аргиллиты, алевролиты). Предыдущими исследователями к юлинскому сиенит-граносиенитовому интрузивному комплексу были отнесены также ассоциирующие образования ордовикской вулканоплутонической ассоциации [Липишанов и др., 1996]. Для этого комплекса установлен позднеордовикский возраст. Его нижняя возрастная граница определяется прорывом интрузивных образований тигертышского комплекса позднекембрийско-раннеордовикского возраста; верхняя – налеганием с размывом базальтов матаракской свиты раннего девона [Котельников и др., 2018].

Юлинский массив на современном уровне эрозионного среза составляет по площади $\sim 6,5 \text{ км}^2$, а Котурский $\sim 20 \text{ км}^2$. Оба массива имеют округлую форму и вытягиваются в северо-восточном направлении (см. рис. 1) [Секретарёв и др., 2015]. Обнаженность массивов слабая вследствие интенсивной задернованности. По геофизическим исследованиям интрузии юлинского комплекса являются изолированными выходами на дневную поверхность пород единого интрузивного тела. Выделяется положительная геофизическая аномалия, контур которой значительно шире в плане площади массивов, что свидетельствует о больших размерах интрузии на глубине и ее слабой эродированности [Липишанов и др., 1993].

Интрузивы характеризуются значительным разнообразием по своим структурным и текстурным признакам. Источником формирования юлинского комплекса считается исходный мантийный магматический расплав основного состава [Перфилова и др., 1999]. В процессе внедрения в промежуточных камерах в земной коре из основного расплава формировались производные умереннощелочные и кислые расплавы. Подобный механизм, очевидно, обусловлен неоднократной магматической дифференциацией исходного расплава и его контаминацией вмещающими коровыми породами.

Методика исследований

Петрографическое изучение пород юлинского комплекса осуществлялось на поляризационном микроскопе AxioScop 40 фирмы Carl Zeiss. Вещественный состав породообразующих минералов получен на рентгеноспектральном микроанализаторе с

электронным зондом на электронном сканирующем микроскопе Tescan Vega II LMU, оборудованном энергодисперсионным спектрометром (с детектором Si (Li) Standard) INCA Energy 350 и волнодисперсионным спектрометром INCA Wave 700 в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ, г. Томск (аналитик – Корбовяк Е.А.).

Петрографические особенности пород юлинского комплекса

Породы юлинского комплекса характеризуются значительным петрографическим разнообразием и представляют две фазы внедрения [Перфилова, 1999]. Первая фаза представлена габброидами и диоритами. Вторая фаза является более распространенной и многообразной по петрографическому составу, наибольшим распространением пользуются монциты, сиениты, граносиениты, в подчиненном количестве отмечаются граниты, щелочные сиениты. Разнообразный петрографический состав пород комплекса подтверждается их неоднородным вещественным составом и отражается в существенном разбросе фигуративных точек на TAS-диаграмме, из которой следует, что породы соответствуют преимущественно известково-щелочной серии, реже щелочно-известковой и щелочной [Полюхова, Чернышов, 2020].

Ниже приводится петрографическая характеристика наиболее представительных пород.

Габбро представляют собой породы темнобурого цвета с мелкозернистой структурой и массивной текстурой. Для них характерна габбровая, реже габбро-офитовая структура (рис. 2, а). В породе преобладает плагиоклаз ($\sim 60\text{--}65\%$) при подчиненной роли темноцветных минералов (клинопироксен, иногда биотит) ($\sim 35\text{--}40\%$), отмечаются рудные минералы, сфен. Вторичные минералы представлены серицитом и хлоритом.

Плагиоклаз в габбро обычно представлен субизометричными, таблитчатыми и короткопризматическими зернами с незначительными вариациями размеров от 0,5 до 2 мм. Плагиоклаз часто имеет серый цвет вследствие замещения серицитом. Иногда в зернах проявляются простые и полисинтетические двойники, которые чаще затушеваны серицитом.

Темноцветные минералы в габбро представлены клинопироксеном, реже присутствует биотит. *Клинопироксен* наблюдается в виде таблитчатых и призматических зерен с размерами от 0,5 до 2 мм. Зерна клинопироксена имеют слабозеленоватые тона и выделяются в рельефе. Они отличаются высокими цветами интерференции. *Биотит* встречается в виде неправильных по форме листочков по длине до 1,5 мм. В случае интенсивного замещения

биотита хлоритом различаются хлоритизированные разности габбро. Для агрегатов хлорита характерна светло-коричневая, оранжево-коричневая и зеленовато-коричневая окраска. Хлорит образует микро-чешуйчатые агрегативные скопления с цветами интерференции от светло-коричневых до буроватых.

Сфен образует клиновидные, ромбовидные, нередко неправильные зерна с размерами менее

0,5 мм. Они выделяются в рельефе и аномально высокими перламутровыми цветами интерференции.

Рудные минералы в габбро имеют субизометричную, чаще неправильную форму. Их размер менее 0,5 мм. В отдельных участках они образуют фрагменты сидеронитовой структуры. Иногда вокруг рудных минералов наблюдаются каемки сфена.

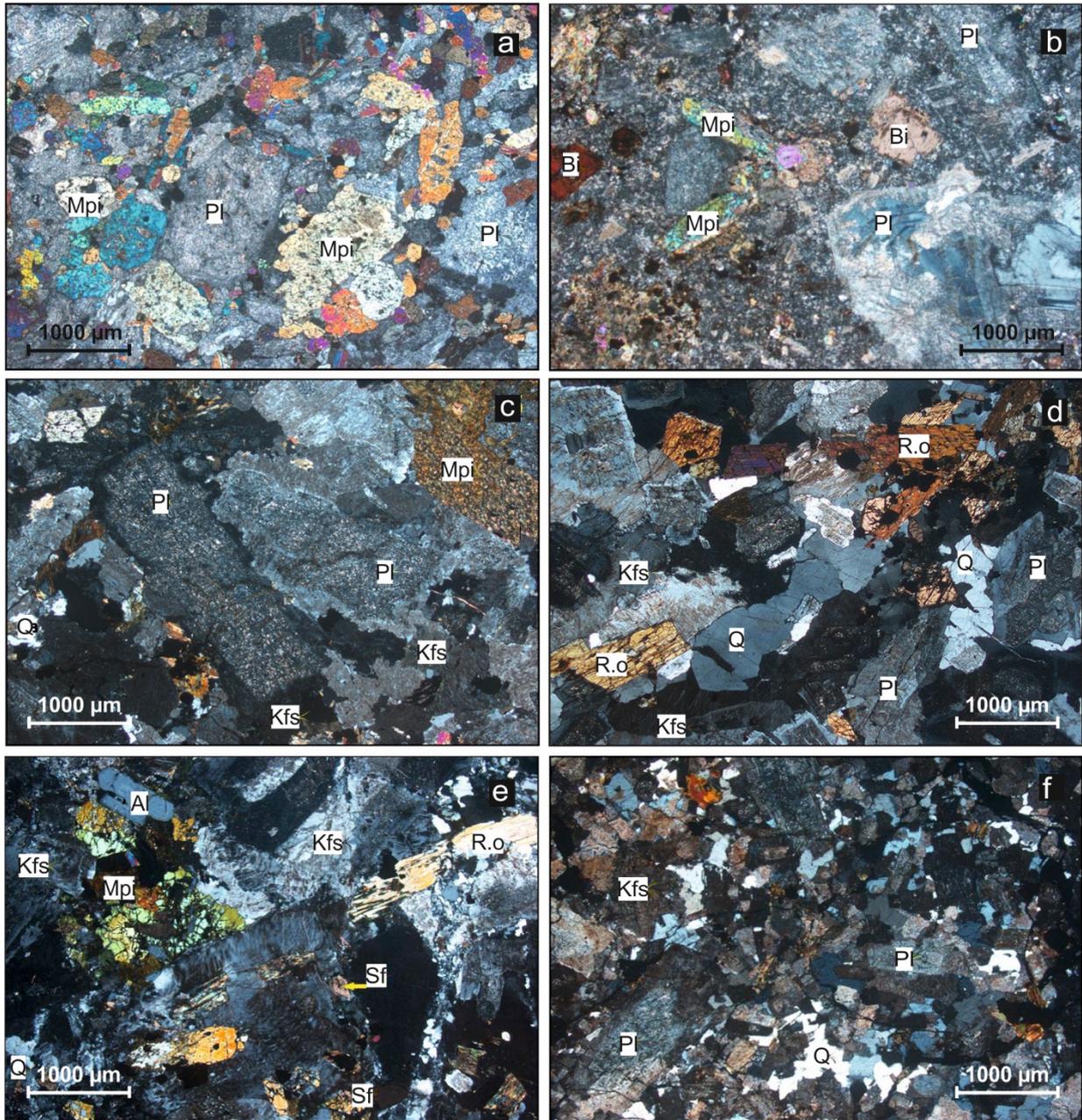


Рис. 2. Микрофотографии пород юлинского комплекса

а – габбро (обр. U3-25); б – диорит (обр. U-2-3); в – монзонит (обр. K-2-19); д – сиенит (обр. 2-C1-1); е – нордмаркит (обр. 6-C2-2); ф – K3-3-2 – гранит; Pl – плагиоклаз, Kfs – калишпат, Q – кварц, Mpi – клинопироксен, R.o – роговая обманка, Bi – биотит, Sf – сфен. Николи X

Fig. 2. Micrographs of rocks of the Yulinsk complex

а – gabbro (sample U3-25); б – diorite (sample U-2-3); в – monzonite (sample K-2-19); д – syenite (sample 2-C1-1); е – nordmarkite (sample 6-C2-2); ф – K3-3-2 – granite; Pl – plagioclase, Kfs – potassium feldspar, Q – quartz, Mpi – clinopyroxene, R.o – hornblende, Bi – biotite, Sf – sphene. Nicol X

Диориты имеют зеленовато-серую окраску с розовыми оттенками. Для них характерна среднезернистая структура и массивная текстура. Под микроскопом часто проявляется порфириовидная структура (см. рис. 2, *b*). Диориты сложены преимущественно плагиоклазом (~ 65 %) при подчиненной роли роговой обманки (~30 %), нередко кварцем (до 5 %), отмечаются биотит, апатит, рудные минералы. Вторичные изменения проявляются в виде серицитизации, пелитизации, амфиболизации и эпидотизации.

Плагиоклаз наблюдается как в порфириовых вкрапленниках, так и основной массе. Плагиоклаз имеет призматическую либо субизометричную форму зерен. Размер порфириовых вкрапленников составляет 2–5 мм, в основной массе размер зерен менее 1 мм. Зерна имеют пятнистую буровато-серую окраску вследствие их неравномерного замещения серицитом и пелитом. Иногда в них просвечивают полисинтетические двойники.

Роговая обманка пользуется заметным распространением и придает породе пеструю окраску. Форма зерен пластинчатая, удлиненная с размерами по длине до 3 мм. Зерна окрашены в зеленый цвет и плеохроируют. Для роговой обманки характерны высокие цвета интерференции.

Кварц наблюдается редко в основной массе в виде прозрачных, бесцветных зерен с размерами менее 0,5 мм. **Биотит** встречается иногда в виде мелких чешуек с размерами менее 1 мм, обычно он интенсивно замещен бледно-зеленым хлоритом с аномальными синими цветами интерференции. **Anatit** отмечается в виде единичных призматических зерен с размерами менее 0,5 мм. Они прозрачные, бесцветные, имеют серые цвета интерференции и прямое погасание. Редкие вкрапленные зерна рудных минералов имеют субизометричную, чаще неправильную форму с размером менее 0,5 мм.

В породе отмечается заметная вкрапленность эпидота, как в основной массе, так и во вкрапленниках плагиоклаза. Зерна бесцветные, выделяются в рельефе и яркими цветами интерференции. В основной массе встречаются также мелкие пластинчатые и удлиненные индивиды актинолита бледно-зеленого цвета с размерами менее 1 мм.

Монциты имеют розовато-кремовый цвет. Их структура порфириовидная, основная масса мелкозернистая, гипидиоморфная (рис. 2, *c*). Состав монцитов: калишпат (~ 30 %), плагиоклаз (~ 45 %), темноцветные минералы (роговая обманка, иногда клинопироксен) (~ 15 %), кварц (~ 10 %), отмечаются рудные минералы, из вторичных характерны серицит и пелит.

Плагиоклаз преобладает в породе, он образует как порфириовидные вкрапленники, так и наблюдается в основной массе. Порфириовидные вкрапленники имеют таблитчатую и призматическую форму с раз-

мером до 5 мм. В основной массе зерна имеют субизометричную, таблитчатую форму с размером до 2 мм. Плагиоклаз имеет серый цвет вследствие замещения серицитом. В отдельных зернах плагиоклаза проявляются полисинтетические двойники.

Калишпат встречается в основной массе. Он имеет субизометричную и таблитчатую форму с размерами зерен до 2 мм. Зерна отличаются буровато-серой окраской вследствие замещения пелитом. Иногда в них просвечивает пертитовое строение.

Роговая обманка образует пластинчатые, удлиненные зерна с размерами менее 2 мм. Они имеют бледно-зеленую окраску, плеохроируют. Характерны яркие цвета интерференции. Бесцветные зерна **клинопироксена** встречаются редко и отличаются большими углами погасания (свыше 30°).

Зерна кварца бесцветные, прозрачные. Они встречаются в основной массе и имеют ксеноморфную форму. Их размер менее 0,5 мм.

Рудные минералы образуют довольно заметную вкрапленность черных зерен неправильной и субизометричной формы с размером менее 0,5 мм, иногда до 1 мм. Они распределены неравномерно в породе и тяготеют к зернам роговой обманки.

Сиениты макроскопически светло-розового цвета со среднезернистой структурой и массивной текстурой. Под микроскопом наблюдается порфириовидная структура с фрагментами пойкилитовой, структура основной массы гипидиоморфная (рис. 2, *d*). Состав породы: калишпат (~ 50 %), плагиоклаз (~ 25 %), темноцветные минералы (клинопироксен, роговая обманка, биотит) (~ 15 %), кварц (~ 10 %), отмечаются сфен, рудные минералы. Вторичные минералы представлены серицитом, пелитом.

Калишпат является преобладающим минералом в породе. Он образует порфириовидные вкрапленники и встречается в основной массе. Вкрапленники имеют субизометричную и таблитчатую форму, их размер до 10 мм. Вкрапленники обычно насыщены многочисленными пойкилитовыми включениями зерен темноцветных минералов и плагиоклаза. В основной массе калишпат образует неправильные и субизометричные зерна с размерами менее 3 мм. Зерна имеют свежий облик, отмечается слабая, пятнистая буроватая окраска вследствие незначительного замещения пелитом. В зернах калишпата отмечается пертитовое строение.

Плагиоклаз также встречается во вкрапленниках и в основной массе. Вкрапленники имеют призматическую форму, их размер по длине до 5–6 мм. В основной массе зерна имеют таблитчатую, призматическую форму с размерами менее 3 мм. Зерна плагиоклаза отличаются пятнистой буровато-серой окраской вследствие замещения серицитом и пелитом. Характерны полисинтетические двойники и зональное строение, что позволяет отнести плагиоклаз к андезину.

Кварц встречается в виде бесцветных, прозрачных зерен в основной массе, имеющих ксеноморфную форму. Их размер менее 3 мм. Они обычно выполняют промежутки между зернами плагиоклаза и калишпата.

Темноцветные минералы представлены клинопироксеном, роговой обманкой и биотитом. *Клинопироксен* образует таблитчатые и неправильные по форме зерна, окрашенные в бледно-зеленоватые тона. Их размер менее 2 мм. Они выделяются высоким рельефом и наличием призматической спайности, отличаются яркими цветами интерференции и большими углами погасания (до 40°). *Роговая обманка* образует удлинённые и неправильные зерна с размерами до 4 мм. Они имеют бледно-зеленую окраску и слабо плеохроируют. В скрещенных николях для роговой обманки характерны яркие цвета интерференции и углы погасания менее 25°. Роговая обманка и клинопироксен нередко образуют сростания, иногда с формированием венцовой структуры. *Биотит* представлен пластинчатыми и удлинёнными чешуйками до 1 мм. Они имеют коричневый цвет и отчетливо плеохроируют. Вдоль спайности отмечается их замещение рудными минералами.

Сфен проявляется в виде заметной вкрапленности аксессуарных зерен с размерами до 0,5 мм. Их форма клиновидная, ромбовидная, призматическая. Они выделяются в рельефе и аномально высокими перламутровыми цветами интерференции. *Рудные минералы* наблюдаются в виде рассеянной, неравномерной вкрапленности черных зерен субизометричной и неправильной формы с размерами менее 0,5 мм.

Щелочные сиениты представлены чаще кварцевой разновидностью нордмаркитом. Макроскопически породы розовато-кремового цвета. Структура среднезернистая, текстура массивная. Под микроскопом порода обнаруживает гипидиоморфную структуру (см. рис. 2, е). Состав: калишпат (~ 60 %), плагиоклаз (~ 15 %), кварц (~ 10 %), темноцветные минералы (эгирин-авгит, щелочная роговая обманка) (~ 15 %), отмечаются сфен, циркон и рудные минералы. Вторичные минералы представлены серицитом и пелитом.

Породы сложены, главным образом, *калишпатом*, который образует неправильные, таблитчатые зерна размером до 3,5 мм. Они имеют пятнистую буроватую окраску вследствие неравномерного замещения пелитом. Для калишпата характерно пертитовое строение.

Эгирин-авгит образует пластинчатые, удлинённые зерна размером до 3 мм. Они окрашены в травяно-зеленый цвет и плеохроируют. Для минерала характерен высокий рельеф. В скрещенных николях характерны яркие цвета интерференции и погасание до 35°. *Щелочная роговая обманка* встречается в виде слабо удлинённых зерен, их длина составляет

от 0,6 до 2,3 мм. Зерна окрашены в голубовато-зеленый цвет и плеохроируют. Они отличаются углом погасания, который менее 25°. Нередко зерна роговой обманки и эгирин-авгита образуют сростания.

Кварц представлен прозрачными ксеноморфными зернами либо их мелкими агрегативными скоплениями. Наличие кварца в породах позволяет отнести их к нордмаркиту.

В породе отмечается заметная вкрапленность зерен *циркона* и *сфена*, которые выделяются высоким рельефом. Их размер составляет от 0,4 до 1,2 мм. Зерна циркона имеют субизометричную форму и яркую интерференционную окраску. Зерна сфена отличаются клиновидной, ромбовидной формой и аномальными перламутровыми цветами интерференции. *Рудные минералы* имеют субизометричную и неправильную форму с размерами менее 0,5 мм. Они распределены неравномерно и тяготеют к зернам эгирин-авгита.

Граносиениты макроскопически имеют розовый цвет, мелкозернистое строение и массивную текстуру. Под микроскопом для породы характерна гранитовая структура. Состав: калишпат (~ 60 %), плагиоклаз (~ 15 %), кварц (~ 15 %), темноцветы (роговая обманка, биотит) (~ 10 %), отмечаются рудные минералы. Вторичные минералы представлены мусковитом, серицитом, пелитом, кальцитом, хлоритом.

Калишпат является преобладающим минералом в породе, отмечается неправильной, субизометричной формой зерен с размерами менее 2 мм. Они имеют пятнисто-буровую окраску вследствие неравномерного замещения пелитом. Характерны низкие цвета интерференции. Отмечается пертитовое строение, при этом вростки альбита всегда бесцветные, прозрачные.

Плагиоклаз образует неправильные, субизометричные и таблитчатые зерна с размерами до 3 мм. Они имеют буровато-серую окраску, обусловленную замещением серицитом и пелитом. Отмечаются полисинтетические двойники. По углу симметричного погасания (0°) плагиоклаз соответствует олигоклазу № 20.

Зерна *кварца* имеют отчетливо выраженную ксеноморфную форму. Они бесцветные, прозрачные. Их размер до 2 мм. Они слабо трещиноватые и отличаются волнистым погасанием.

Темноцветные минералы представлены *роговой обманкой* и *биотитом*. Их зерна полностью замещены бурым, мелкозернистым хлоритом, либо бесцветным кальцитом, либо хлорит-кальцитовыми агрегатами.

Рудные минералы встречаются в виде редкой вкрапленности мелких черных зерен с размерами менее 0,8 мм. Зерна выделяется очень высоким рельефом.

Граниты макроскопически розового цвета. Структура среднезернистая, текстура массивная. Под микроскопом порода обнаруживает гранитовую структуру (рис. 2, ф). Иногда отмечается порфири-

видная структура. Состав: калишпат (~ 45 %), плагиоклаз (~ 20 %), кварц (~ 25 %), биотит, мусковит (~ 10 %), отмечаются циркон, рудные минералы. Вторичные минералы представлены серицитом, пелитом.

Калишпат представлен неправильными, субизометричными, таблитчатыми зернами с размерами 2–5 мм. Они имеют пятнисто-буроватую окраску вследствие интенсивно и неравномерного замещения пелитом. Отмечается пертитовое строение. Иногда проявляется микроклиноватая решетка, что позволяет отнести калишпат к микроклину.

Плагиоклаз наблюдается в виде субизометричных, таблитчатых и призматических зерен с размерами 2–3 мм. Они имеют серый цвет вследствие интенсивного замещения серицитом. Иногда устанавливаются полисинтетические двойники. Наиболее крупные порфирировидные зерна имеют зональное строение, при этом центральные части зерен сложены серицитизированным плагиоклазом, а краевые части – калишпатом с образованием венцовой структуры.

Зерна *кварца* выделяются бесцветным, прозрачным обликотом и ксеноморфной, угловатой формой. Их размер менее 1 мм. Они выполняют промежутки между зернами калишпата и плагиоклаза. Зерна кварца выделяются низкими цветами интерференции.

Биотит встречается в виде мелких чешуек с размерами менее 1 мм. Они обычно замещены бесцветным мусковитом либо бледно-зеленым хлоритом.

Циркон встречается в виде единичных зерен, которые выделяются высоким рельефом и яркими цветами интерференции. *Рудные минералы* встречаются в виде редкой, неравномерной вкрапленности черных и буровато-коричневых зерен с размерами менее 0,5 мм.

Особенности породообразующих минералов в породах юлинского комплекса

Породообразующими минералами пород юлинского комплекса являются клинопироксены, амфиболы, биотиты, плагиоклазы и калишпаты. Неоднородность их составов отражает породную принадлежность, а их близость, очевидно, указывает на генетическое родство пород.

Клинопироксены

Клинопироксены пользуются широким распространением в породах юлинского комплекса. Для них характерны значительные вариации составов (табл. 1).

Таблица 1

Средние составы клинопироксенов в породах юлинского комплекса, мас. %

Table 1

Average compositions of clinopyroxenes in the rocks of the Yulinsk complex, wt. %

Элемент	Порода (кол-во проб)						
	Габбро (6)	Диорит (7)	Щелочные сиениты (6)	Сиениты (6)	Кварцевые сиениты (9)	Граносиениты (4)	Граниты (3)
SiO ₂	55,17	55,92	54,68	55,10	54,15	56,02	55,24
TiO ₂	0,38	0,10	0,47	0,28	0,24	0,42	0,34
Al ₂ O ₃	1,07	0,81	1,66	0,76	0,72	1,47	3,17
FeO	8,00	6,73	15,05	8,13	12,07	7,86	11,56
MgO	12,48	14,48	10,61	13,29	13,84	14,25	15,59
MnO	0,29	0,68	0,64	0,42	0,52	0,42	0,63
CaO	22,43	20,87	13,14	21,94	16,89	19,04	10,96
Na ₂ O	0,50	0,45	3,62	0,46	1,52	0,6	2,09
K ₂ O	0,15	0,27	1,17	0,10	0,35	0,39	0,65
<i>Сумма</i>	<i>100,00</i>	<i>100,01</i>	<i>100,23</i>	<i>99,97</i>	<i>100,00</i>	<i>99,99</i>	<i>99,95</i>
Количество катионов в пересчете на 6 (O)							
Si	2,04	2,05	2,06	2,04	2,02	2,05	2,02
Ti	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Al	0,04	0,03	0,07	0,02	0,03	0,06	0,13
Fe	0,25	0,21	0,48	0,25	0,38	0,24	0,35
Mg	0,69	0,79	0,59	0,73	0,77	0,78	0,85
Mn	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Ca	0,89	0,82	0,53	0,87	0,68	0,75	0,43
Na	0,04	0,03	0,27	0,03	0,11	0,04	0,15
K	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,03
<i>Сумма</i>	<i>3,95</i>	<i>3,95</i>	<i>4,04</i>	<i>3,96</i>	<i>4,02</i>	<i>3,94</i>	<i>4,00</i>
Wo	48,74	45,12	33,31	46,92	37,27	42,26	26,30
En	37,70	43,52	36,94	39,49	42,09	44,07	52,05
Fs	13,56	11,35	29,75	13,59	20,65	13,68	21,65

Примечание. Wo = Ca/(Ca+Mg+Fe)*100, En = Mg/(Ca+Mg+Fe)*100, Fs = Fe/(Ca+Mg+Fe)*100.

Note. Wo = Ca/(Ca+Mg+Fe)*100, En = Mg/(Ca+Mg+Fe)*100, Fs = Fe/(Ca+Mg+Fe)*100.

На тройной классификационной диаграмме известковые клинопироксены из габбро, диоритов и сиенитов соответствуют салиту либо образуют переходные различия к авгиту либо фассаиту, редко отвечают диопсиду (рис. 3). В щелочных сиенитах они представлены эгирин-авгитом. Клинопироксены из граносиенитов отличаются значительными вариациями составов и относятся к салитам, авгитам и обед-

ненным кальцием авгитам. Клинопироксены из гранитов отвечают переходным различиям от авгитов к обедненным кальцием авгитам.

На бинарных диаграммах (рис. 4) отмечается, что по содержанию SiO_2 клинопироксены из габброидов, диоритов, сиенитов, кварцевых сиенитов и гранитов являются более однородными с минимальными вариациями.

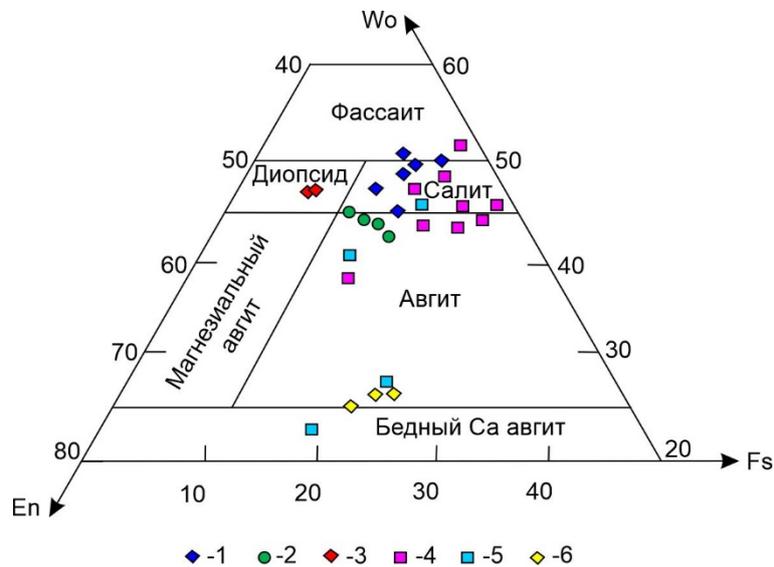


Рис. 3. Классификационная диаграмма составов известковых клинопироксенов в породах юлинского комплекса [Poldervaart, Hess, 1951]

1 – габбро, 2 – диориты, 3 – монзониты, 4 – сиениты, 5 – граносиениты, 6 – граниты; En – энстатит, Wo – волластонит, Fs – ферросилит

Fig. 3. Classification diagram of the composition of calcareous clinopyroxenes in the rocks of the Yulinsk complex [Poldervaart, Hess, 1951]

1 – gabbro, 2 – diorite, 3 – monzonite, 4 – syenite, 5 – granosyenite, 6 – granite; En – enstatite, Wo – wollastonite, Fs – ferrosilite

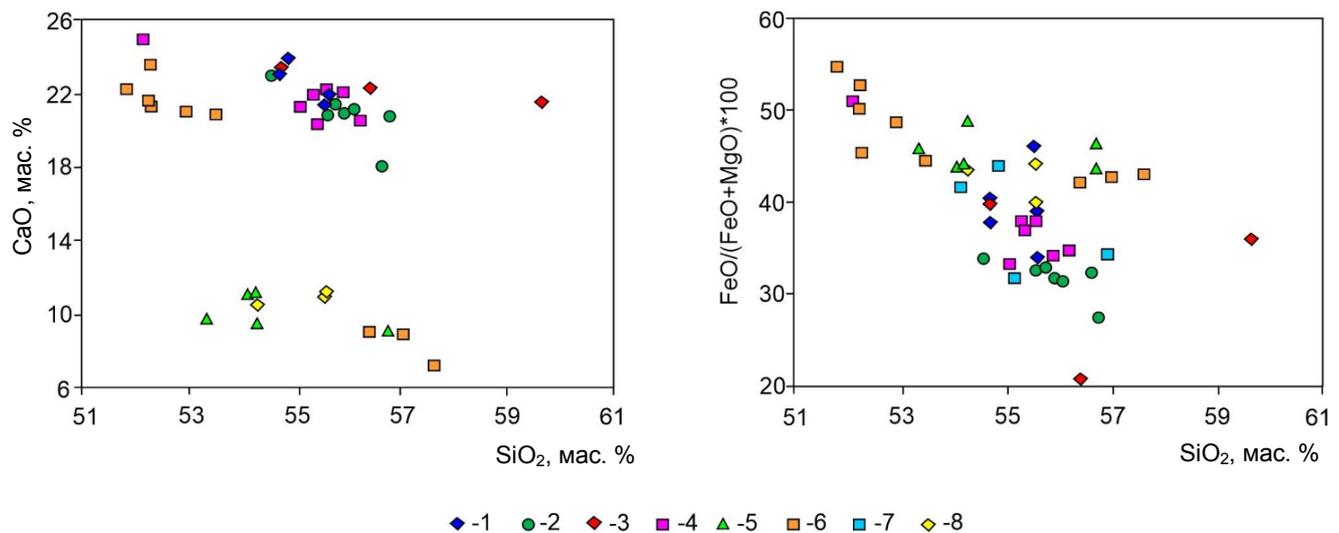


Рис. 4. Состав известковых клинопироксенов в породах юлинского комплекса на бинарных диаграммах
1 – габбро, 2 – диориты, 3 – монзониты, 4 – сиениты, 5 – щелочные сиениты, 6 – кварцевые сиениты, 7 – граносиениты, 8 – граниты

Fig. 4. Binary diagrams of the composition of calcareous clinopyroxenes in the rocks of the Yulinsk complex
1 – gabbro, 2 – diorites, 3 – monzonites, 4 – syenites, 5 – alkaline syenites, 6 – quartz syenites, 7 – granosyenites, 8 – granites

Клинопироксены из монцонитов, кварцевых сиенитов и щелочных сиенитов отличаются значительными вариациями содержания SiO_2 . Отмечается тенденция к уменьшению содержания FeO к гранитам, граносиенитам, щелочным сиенитам и кварцевым сиенитам.

По содержанию CaO выделяются две выборки клинопироксенов: высокоизвестковистые и низкоизвестковистые. К высокоизвестковистым относятся клинопироксены из габбро, диоритов, монцонитов и сиенитов. Низкоизвестковистыми являются клинопироксены из щелочных сиенитов и гранитов. Тогда как клинопироксены из кварцевых сиенитов и граносиенитов могут быть как высоко-, так и низкоизвестковистыми.

Амфиболы

Амфиболы пользуются значительным распространением в породах юлинского комплекса. Нами были проанализированы амфиболы из монцонитов, кварцевых сиенитов, граносиенитов и гранитов (табл. 2). Для них устанавливаются значительные вариации составов, которые, очевидно, определяют петрографическим типом породы.

На классификационной диаграмме [Leake et al., 2004] амфиболы в породах юлинского комплекса относятся к магнезиальным роговым обманкам и только в монцонитах являются актинолитами (рис. 5).

На представленных бинарных диаграммах (рис. 6) устанавливается обогащенность SiO_2 амфиболов в монцонитах, которые соответствуют актинолитам. В гранитах, граносиенитах и кварцевых сиенитах составы амфиболов перемежаются с тенденцией обогащения SiO_2 последних. В амфиболах из гранитоидов и кварцевых сиенитов устанавливается обратная зависимость содержания SiO_2 от их железистости. По содержанию Al_2O_3 амфиболы образуют обособленные поля. Амфиболы из монцонитов характеризуются пониженными содержаниями Al_2O_3 . При этом амфиболы из гранитов и кварцевых сиенитов отличаются повышенной глиноземистостью, за исключением единичных результатов, которые, возможно, относятся к промежуточным разностям к монцонитам.

Биотиты

Биотит встречается почти во всех породах юлинского комплекса. Его состав характеризуется значительным разнообразием (табл. 3), которое определяется прежде всего петрографической принадлежностью. Из табл. 3 видно, что минимальная железистость биотита устанавливается в гранитах и сиенитах, увеличивается в монцонитах и становится максимальной в щелочных сиенитах. На классификационной диаграмме [Tischendorf et al., 2007] биотиты в породах юлинского комплекса относятся преимущественно к флогопитам и реже к Mg-биотитам (аннит, сидерофиллит) (рис. 7).

Средние составы амфиболов в породах юлинского комплекса, мас. %

Таблица 2

Average compositions of amphiboles in the rocks of the Yulinsk complex, wt %

Table 2

Элемент	Порода (кол-во проб)			
	Монцониты (7)	Кварцевые сиениты (3)	Граносиениты (4)	Граниты (2)
SiO_2	55,39	49,6	51,52	48,04
TiO_2	0,55	1,27	1,16	2,61
Al_2O_3	1,91	4,77	5,31	4,87
FeO	11,08	17,45	13,41	16,90
MgO	17,64	12,22	14,05	10,82
MnO	0,65	0,45	0,47	0,67
CaO	10,39	10,82	11,42	13,40
Na_2O	1,87	2,73	1,74	1,66
K_2O	0,53	0,71	0,80	0,88
<i>Сумма</i>	<i>100,00</i>	<i>100,01</i>	<i>99,87</i>	<i>99,84</i>
Количество катионов в пересчете на 24 (O)				
Si	8,09	7,57	7,69	7,41
Ti	0,06	0,15	0,13	0,3
Al	0,32	0,83	0,9	0,85
Fe	1,35	2,23	1,67	2,18
Mg	3,84	2,78	3,13	2,48
Mn	0,08	0,06	0,06	0,09
Ca	1,63	1,77	1,83	2,21
Na	0,53	0,81	0,5	0,5
K	0,05	0,07	0,08	0,09
<i>Сумма</i>	<i>15,95</i>	<i>16,27</i>	<i>15,98</i>	<i>16,11</i>
Mg'	0,74	0,55	0,65	0,53

Примечание. $\text{Mg}' = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) \cdot 100$.

Note. $\text{Mg}' = \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) \cdot 100$.

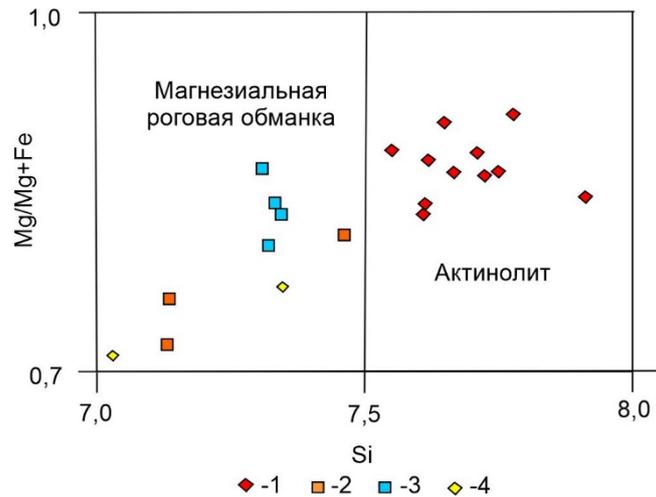


Рис. 5. Классификационная диаграмма состава известковистых амфиболов в породах юлинского комплекса [Leake et al., 2004]

1 – монзониты, 2 – щелочные сиениты, 3 – граносиениты, 4 – граниты

Fig. 5. Classification diagram of the composition of calcareous amphiboles in the rocks of the Yulinsk complex [Leake et al., 2004]

1 – monzonites, 2 – alkaline syenites, 3 – granosyenites, 4 – granites

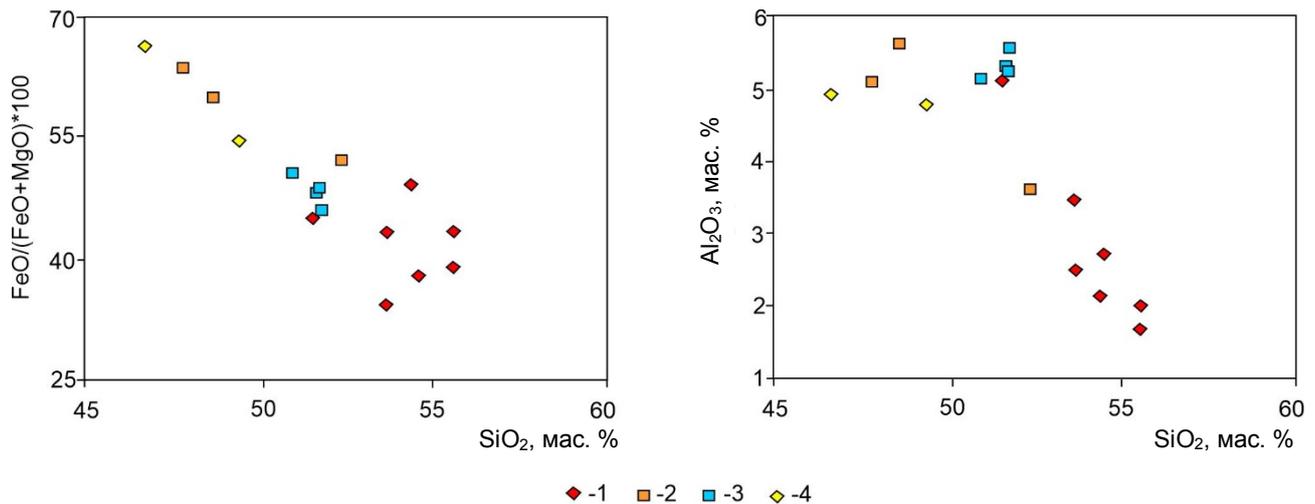


Рис. 6. Состав известковистых амфиболов в породах юлинского комплекса на бинарных диаграммах

1 – монзониты, 2 – щелочные сиениты, 3 – граносиениты, 4 – граниты

Fig. 6. Binary diagrams of the compositions of calcareous amphiboles in the rocks of the Yulinsk complex

1 – monzonites, 2 – alkaline syenites, 3 – granosyenites, 4 – granites

Таблица 3

Средние составы биотитов в породах юлинского комплекса, мас. %

Table 3

Average compositions of biotite in the rocks of the Yulinsk complex, wt. %

Элемент	Порода (кол-во проб)				
	Диориты (6)	Монзониты (3)	Щелочные сиениты (6)	Граносиениты (3)	Граниты (5)
SiO ₂	40,82	40,16	41,69	41,69	43,67
TiO ₂	5,48	0,00	0,03	5,48	2,23
Al ₂ O ₃	13,39	17,06	17,81	14,00	10,96
FeO	14,86	19,46	22,11	12,03	12,59
MnO	0,11	0,47	0,02	0,00	0,40
MgO	15,79	18,85	13,07	16,94	17,29
CaO	0,32	1,02	0,27	0,00	0,00

Элемент	Порода (кол-во проб)				
	Диориты (6)	Монзониты (3)	Щелочные сиениты (6)	Граносиениты (3)	Граниты (5)
Na ₂ O	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	8,80	2,01	5,00	9,68	9,76
Сумма	99,76	99,03	100,00	99,81	96,90
Количество катионов в пересчете на 10 (кислород)					
Si	2,88	2,80	2,93	2,91	3,14
Al	1,11	1,40	1,48	1,15	0,93
Ti	0,29	0,01	0,01	0,29	0,12
Fe	0,88	1,14	1,30	0,70	0,76
Mn	0,01	0,03	0,00	0,00	0,02
Mg	1,66	1,96	1,37	1,76	1,86
Ca	0,02	0,08	0,02	0,00	0,00
Na	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
K	0,79	0,18	0,45	0,86	0,90
Сумма	7,68	7,59	7,55	7,66	7,72
mgli	1,66	1,96	1,37	1,76	1,86
feal	1,16	0,96	0,90	0,93	0,83

Примечание. mgli = Mg-Li, feal = Fe+Mn+Ti-Al.

Note. mgli = Mg-Li, feal = Fe+Mn+Ti-Al.

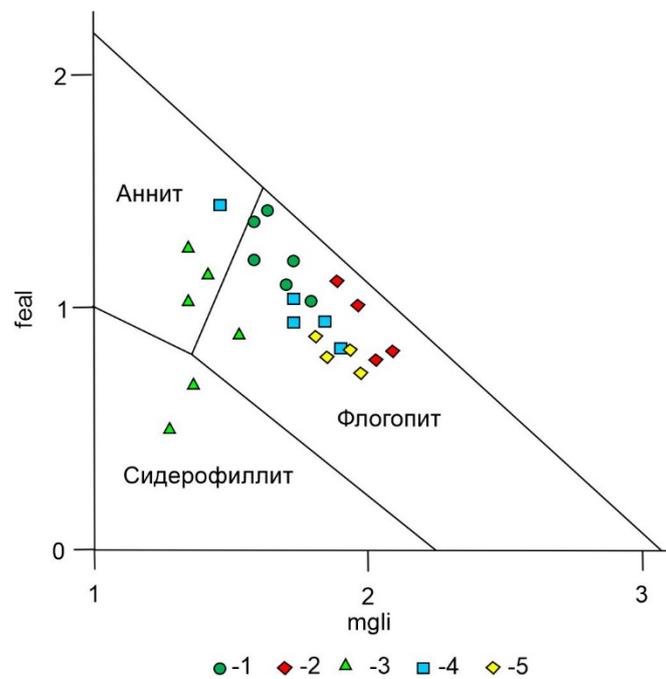


Рис. 7. Фрагмент классификационной диаграммы состава биотитов в породах юлинского комплекса [Tischendorf et al., 2007]

1 – диориты, 2 – монзониты, 3 – щелочные сиениты, 4 – граносиениты, 5 – граниты; feal = Mg-Li, mgli = Fe+Mn+Ti-Al^{VI}

Fig. 7. Fragment of the classification diagram of the compositions of biotite in the rocks of the Yulinsk complex [Tischendorf et al., 2007]

1 – diorites, 2 – monzonites, 3 – alkaline syenites, 4 – granosyenites, 5 – granites; feal = Mg-Li, mgli = Fe+Mn+Ti-Al^{VI}

Из анализа бинарных диаграмм выявляются особенности состава биотита в различных породах. Биотит в диоритах и монзонитах имеет одинаковые содержания SiO₂, при этом для них отмечается обратная зависимость SiO₂ от его железистости. Далее отмечается тенденция увеличения содержания SiO₂ в биотите из граносиенитов. Наиболее обогащенным

SiO₂ является биотит из гранитов. При этом в щелочных сиенитах отмечаются широкие вариации содержания SiO₂, перекрывающий диапазон вариаций во всех других породах.

Минимальная железистость характерна для биотита из гранитов и сиенитов. Она возрастает в диоритах и монзонитах. Максимальная железистость

биотита устанавливается в щелочных сиенитах. Содержания K_2O в биотите также изменяется в разных породах. Минимальные содержания K_2O характерны для биотита из монцонитов. Его содержания возрастают в биотите из щелочных сиенитов. Далее следуют биотиты из диоритов, для которых отмечается возрастание K_2O с увеличением содержания SiO_2 . Наиболее высокие содержания K_2O установлены в биотитах из граносиенитов и гранитов, а также для наиболее обогащенных K_2O биотитам из диоритов (рис. 8).

Плагиоклаз

Плагиоклаз устанавливается во всех типах пород юлинского комплекса. Его состав определяется как природной принадлежностью, так и часто зависит от степени вторичного замещения. Средние составы изученных плагиоклазов представлены в таблице 4.

Как видно из табл. 4, составы плагиоклазов значительно варьируют. В одних случаях состав плагиоклаза отвечает породной принадлежности: в диоритах – андезин, в граносиенитах гранитах – олигоклаз с возрастанием кислотности в этом ряду. В других случаях состав плагиоклаза не отвечает породной принадлежности, он определяется наложенными вторичными изменениями и представлен более кислыми разностями: в габбро – олигоклазом, в монцонитах – кислым олигоклазом.

На бинарных диаграммах (рис. 9) для плагиоклаза отчетливо устанавливаются тренды обратной зависимости Al_2O_3 , CaO с SiO_2 . Проявляется тенденция возрастания содержаний Al_2O_3 в плагиоклазе в следующем ряду пород: кварцевые сиениты → сиениты, монцониты, габбро → граниты → граносиениты → диориты. При этом содержания CaO в плагиоклазе возрастают в ряду: кварцевые сиениты → монцониты → сиениты → граниты, габбро → диориты. При этом содержания CaO в плагиоклазах из граносиенитов обнаруживают наиболее значительные вариации и прослеживаются на всем протяжении тренда вариаций CaO в плагиоклазах во всех типах пород, преимущественно тяготеют к гранитам, диоритам и габбро.

Калишпат по химическому составу обнаруживает незначительные отличия в разных типах пород (табл. 5). Однако на бинарных диаграммах можно установить их отличительные тенденции (см. рис. 10). На диаграмме $SiO_2 - Na_2O+K_2O$ отмечается обратная зависимость между этими компонентами, и прослеживаются два тренда. Для одного из них характерно обогащение SiO_2 калишпатов из сиенитов, щелочных сиенитов, кварцевых сиенитов и гранитов. Для другого тренда намечается обеднение SiO_2 калишпатов из монцонитов и кварцевых сиенитов.

Калишпат

Калишпат по химическому составу обнаруживает незначительные отличия в разных типах пород (табл. 5). Однако на бинарных диаграммах можно установить их отличительные тенденции (см. рис. 10). На диаграмме $SiO_2 - Na_2O+K_2O$ отмечается обратная зависимость между этими компонентами, и прослеживаются два тренда. Для одного из них характерно обогащение SiO_2 калишпатов из сиенитов, щелочных сиенитов, кварцевых сиенитов и гранитов. Для другого тренда намечается обеднение SiO_2 калишпатов из монцонитов и кварцевых сиенитов.

На диаграмме $SiO_2 - Al_2O_3$ наблюдаются два обособленных поля фигуративных точек. Одно из них отличается обедненностью глиноземистости и характерно для калишпатов, обогащенных SiO_2 для пород, устанавливаемых на предыдущей диаграмме: сиенитов, щелочных сиенитов, кварцевых сиенитов и гранитов. Второе поле фигуративных точек устанавливается для обогащенных Al_2O_3 и обедненных SiO_2 калишпатов из монцонитов и кварцевых сиенитов.

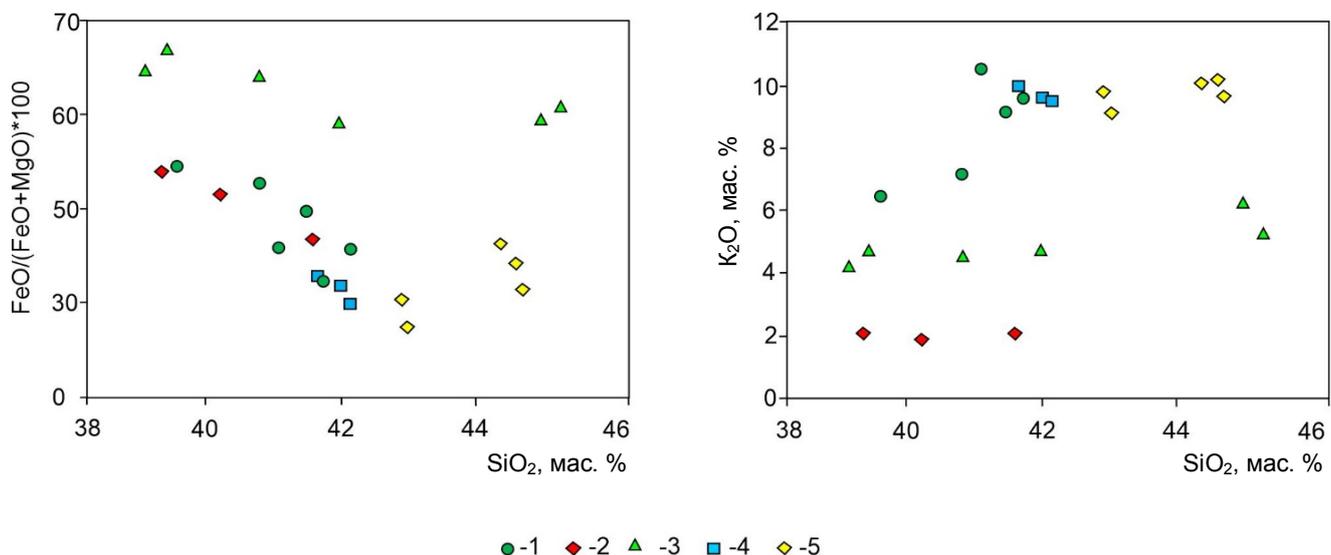


Рис. 8. Состав биотитов в породах юлинского комплекса на бинарных диаграммах
1 – диориты, 2 – монцониты, 3 – щелочные сиениты, 4 – граносиениты, 5 – граниты

Fig. 8. Binary diagrams of biotite composition in the rocks of the Yulinsk complex
1 – diorites, 2 – monzonites, 3 – alkaline syenites, 4 – granosyenites, 5 – granites

Таблица 4

Средние составы плагиоклазов в породах юлинского комплекса, мас. %

Table 4

The average compositions of plagioclase in the rocks of the Yulinsk complex, wt %

Элемент	Порода (кол-во проб)						
	Габбро (2)	Диориты (6)	Монзониты (13)	Кварцевые сиениты (12)	Сиениты (3)	Граносиениты (6)	Граниты (4)
SiO ₂	64,44	61,83	65,09	68,52	66,78	62,8	64,34
Al ₂ O ₃	21,67	23,82	22,54	20,42	21,03	22,66	21,9
FeO	1,03	0,17	0,17	0,17	0,12	0,60	0,39
CaO	5,31	6,38	3,22	0,65	2,88	5,45	4,87
Na ₂ O	6,98	7,29	8,69	10,18	8,54	8,01	8,09
K ₂ O	0,49	0,52	0,29	0,05	0,32	0,36	0,42
Сумма	99,9	100,00	100,00	100,00	99,70	99,90	100,00
Количество ионов в пересчете на 8 (кислород)							
Si	2,31	2,18	2,29	2,41	2,37	2,23	2,29
Al	0,88	0,95	0,90	0,82	0,85	0,91	0,88
Fe	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01
Ca	0,20	0,24	0,12	0,02	0,11	0,21	0,19
Na	0,48	0,50	0,59	0,70	0,59	0,55	0,56
K	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02
Сумма	3,93	3,91	3,92	3,96	3,93	3,94	3,94
An	29,57	32,58	16,98	3,42	15,69	27,32	24,96

Примечание. An = Ca/(Na+Ca)*100.

Note. An = Ca/(Na+Ca)*100.

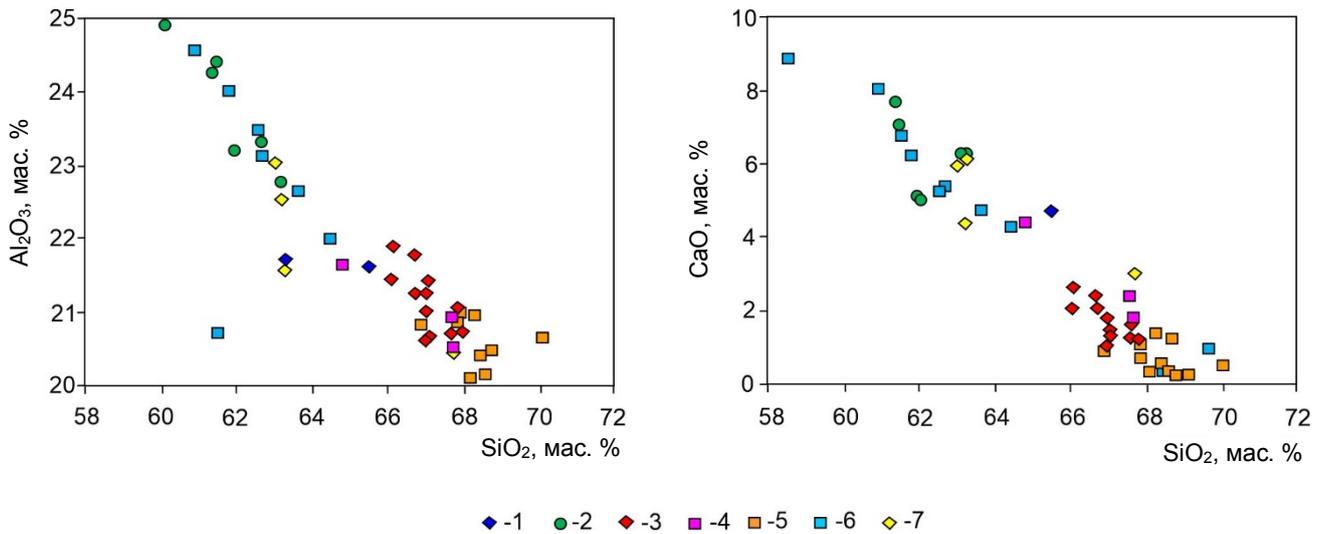


Рис. 9. Состав плагиоклазов в породах юлинского комплекса на бинарных диаграммах

1 – габбро, 2 – диориты, 3 – монзониты, 4 – сиениты, 5 – щелочные сиениты, 6 – граносиениты, 7 – граниты

Fig. 9. Binary diagrams of the composition of plagioclases in the rocks of the Yulinsk complex

1 – gabbro, 2 – diorites, 3 – monzonites, 4 – syenites, 5 – alkaline syenites, 6 – granosyenites, 7 – granites

Таблица 5

Средние составы калишпатов в породах юлинского комплекса, мас. %

Table 5

Average compositions of potassium feldspar in the rocks of the Yulinsk complex, wt %

Элемент	Порода (кол-во проб)					
	Монзониты (13)	Щелочные сиениты (7)	Сиениты (4)	Кварцевые сиениты (11)	Граносиениты (4)	Граниты (4)
SiO ₂	65,22	65,99	66,00	64,68	66,03	66,27
Al ₂ O ₃	18,52	17,91	17,54	18,68	17,60	17,35
FeO	0,16	0,44	0,10	0,14	0,26	0,18
Na ₂ O	0,82	0,77	0,33	0,40	0,72	0,56

Элемент	Порода (кол-во проб)					
	Монзониты (13)	Щелочные сиениты (7)	Сиениты (4)	Кварцевые сиениты (11)	Граносиениты (4)	Граниты (4)
K ₂ O	15,15	15,05	16,05	15,88	15,10	15,65
Сумма	99,86	100,15	99,92	99,78	99,57	100,00
Количество катионов в пересчете на 8 (O)						
Si	3,022	3,05	3,06	3,01	3,07	3,07
Al	0,98	0,94	0,92	0,99	0,93	0,91
Fe	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01
Na	0,078	0,07	0,03	0,04	0,07	0,05
K	0,90	0,89	0,95	0,94	0,90	0,92
Сумма	4,98	4,96	4,97	4,98	4,95	4,96

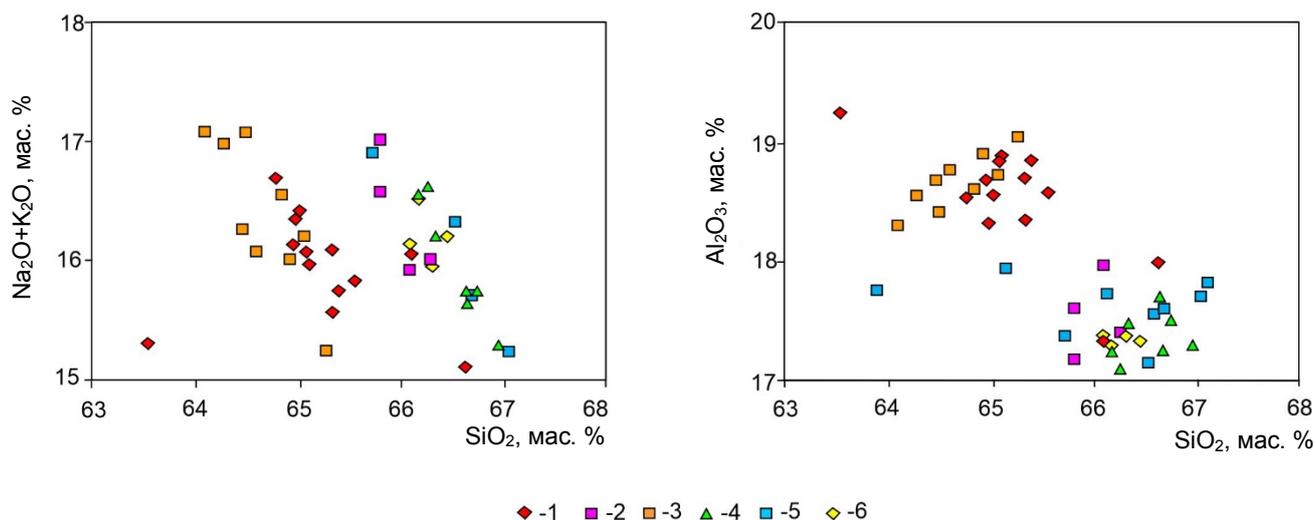


Рис. 10. Состав калиевого полевого шпата в породах юлинского комплекса на бинарных диаграммах 1 – монзониты, 2 – сиениты, 3 – кварцевые сиениты, 4 – щелочные сиениты, 5 – граносиениты, 6 – граниты

Fig. 10. Binary diagrams of the composition of potassium feldspar in the rocks of the Yulinsk complex 1 – monzonites, 2 – syenites, 3 – quartz syenites, 4 – alkaline syenites, 5 – granosyenites, 6 – granites

Заключение

Таким образом, проведенные детальные петрографические исследования пород юлинского комплекса позволили выявить их многочисленные разновидности, которые отражают две фазы внедрения магматических расплавов. Первую фазу представляют габброиды и диориты. Вторая фаза более разнообразна по петрографическому составу. Главными типами пород являются монзониты, сиениты, щелочные сиениты, кварцевые сиениты, граниты. Для них характерны преимущество средне-, мелкозернистые структуры. Часто проявляется порфириовидная структура с мелкозернистой основной массой, отмечаются фрагменты венцовой структуры. Такие структурные признаки, очевидно, отражают гипабиссальные условия формирования пород юлинского комплекса.

Главными породообразующими минералами в породах юлинского комплекса являются клинопироксены, амфиболы, биотиты, плагиоклазы и калишпаты. Вариации составов отражают, главным образом, их принадлежность к определенному типу по-

род. Часто составы пород являются практически идентичными. Нередко они укладываются в тренды, которые, очевидно, указывают на генетическое родство пород и их образование из близких по составу магматических расплавов. Нередко составы минералов претерпевают изменения в результате наложенных вторичных метасоматических изменений.

Исходные магматические расплавы для пород юлинского комплекса, очевидно, по составу были основными. По мере перемещения в земной коре они, вероятно, претерпели неоднократную магматическую и кристаллизационную дифференциацию, а также контаминацию вмещающими породами с образованием как нормальных, так и умереннощелочных и щелочных производных расплавов. Кристаллизация таких неоднородных по составу расплавов, очевидно, происходила в гипабиссальных условиях и способствовала формированию многочисленных разновидностей пород. При этом составы породообразующих минералов в породах часто оказываются близкими либо отражают эволюционную направленность изменения производных расплавов.

ЛИТЕРАТУРА

- Баженов И.К.** Основные черты металлогении восточного склона Кузнецкого Алатау // Советская геология. 1947. Сб. 27. С. 47–54.
- Безубцев В.В., Махлаев М.Л., Кириченко В.Т., Перфилова О.Ю. и др.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-46 – Абакан. Объяснительная записка. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 391 с.
- Котельников А.Д., Макаренко Н.А., Дербан А.Г., Котельникова И.В. и др.** Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Минусинская. Лист N-46-XIX (Усть-Бюрь). Объяснительная записка. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018. 330 с.
- Липишанов А.П., Перфилова О.Ю.** Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 и общие поиски на Туимской площади в восточной части Кузнецкого Алатау в 1989–1993 гг. Т. 1, 2. Красноярск, 1993. 163 с.
- Липишанов А.П., Перфилова О.Ю., Сидорас С.Д.** Ордовикский магматизм восточного склона Кузнецкого Алатау // Проблемы геологии Сибири : тез. докл. научн. конф. 3–5 апреля 1996 г. Т. 1. Томск : Изд-во Том. гос. ун-та, 1996. С. 73–74.
- Перфилова О.Ю., Михайленко В.В., Коптев И.И., Сидорас С.Д.** Кошкулукский эталон ордовикской вулканоплутонической ассоциации (Кузнецкий Алатау). Красноярск : КНИИГИМС, 1999. 159 с.
- Перфилова О.Ю.** Особенности вещественного состава юлинского монзонит-граносиенитового комплекса ордовикского возраста (Кузнецкий Алатау) // Минералы и руды Красноярского края. Красноярск : РИУ КНИИГИМС, 1999. С. 75–80.
- Полюхова М.В., Чернышов А.И.** Петрохимические особенности пород Котурского массива (Кузнецкий Алатау) // Вестник геонаук. 2020. № 4 (304). С. 26–32.
- Секретарёв М.Н., Липишанов А.П., Михайленко В.В. и др.** Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Изд. второе. Серия Минусинская. Лист N-46-XIII (Сорск). Объяснительная записка. М. : МФ ВСЕГЕИ, 2015. 205 с.
- Leake B.E., Woolley A.R., Birch W.D., Burke E.A.J., Ferraris G., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Schumacher J.C., Stephenson N.C.N., Whittaker E.J.W.** Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature // *Zapiski VMO*. 2004. V. 4. P. 31–38.
- Poldervaart A., Hess H.H.** Pyroxenes in the crystallization of basaltic magma // *Journal. Geol.* 1951. V. 59. P. 472.
- Tischendorf G., Forster H.-J., Gottsmann B., Rieder M.** True and brittle micas: composition and solid-solution series // *Miner. Mag.* 2007. V. 71. P. 285–320.

Авторы:

Полюхова Марина Васильевна, аспирант, кафедра петрографии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: poluhova_geo@mail.ru

Чернышов Алексей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой петрографии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: aich@ggf.tsu.ru

Geosphere Research, 2021, 1, 6–20. DOI: 10.17223/25421379/19/1

M.V. Poluykhova, A.I. Chernyshov

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

PETROGRAPHIC FEATURES OF ROCKS OF THE YULINSK COMPLEX (REPUBLIC OF KHAKASSIA)

The object of the study – the alkaline rocks of the Yulinsk complex, located on the southeastern slope of the Kuznetsk Alatau (Southern Siberia, Khakassia). In this work presents a generalized petrographic characteristic of all rock varieties of the Yulinsk complex. Petrographic research was carried out in detail, which made it possible to identify numerous varieties of rocks, which reflect two phases of intrusion of magmatic melts. The rocks of the first phase of formation are characterized by an average, basic composition of rocks, they are represented by gabbroids and diorites. The second phase of formation is represented by rocks of the moderately alkaline series and is more diverse in petrographic composition. The most common rocks are monzonites and syenites, with the subordinate role of alkaline syenites, quartz syenites, granosyenites and granites. The rocks have the advantage of medium to fine grained structures. A porphyry structure with a fine-grained groundmass is often manifested. In some rocks, fragments of the crown structure are noted. Such structural features obviously reflect the hypabyssal conditions of the formation of the rocks of the Yulinsk complex.

The main rock-forming minerals in the rocks of the Yulinsk complex are represented by clinopyroxenes, amphiboles, biotites, plagioclases and potassium feldspars. Calcareous clinopyroxenes are more often represented by salite, or form transitional varieties to augite or fassaite, sometimes correspond to diopside, alkaline clinopyroxenes are represented by aegirine-augites. Amphiboles in the rocks of the Yulinsk complex usually belong to magnesian hornblendes, less often to actinolites. Biotites in the rocks are mainly represented by phlogopites, less often by Mg-biotites (annite, siderophyllite). Plagioclase is more often determined by the composition of the rock and varies from andesine to oligoclase. However, its composition often becomes more acidic as a result of secondary changes. Potassium feldspar is characterized by a more homogeneous composition. Variations in the compositions of rock-forming minerals mainly reflect their natural origin. Often their compositions are almost identical. Often, the compositions of rocks fit into trends that indicate their genetic kinship, which were formed from similar in composition magmatic melts.

The initial magmatic melt for the rocks of the Yulinsk complex was apparently basic magma. As they moved in the earth's crust, magmatic melts probably underwent repeated magmatic and crystallization differentiation, as well as contamination by host rocks with the formation of both normal and moderately alkaline and alkaline derivatives of melts. Their crystallization, obviously, occurred mainly in hypabyssal conditions and contributed to the formation of numerous varieties, mainly moderately alkaline rocks. The compositions of minerals in rocks are often close or reflect the evolutionary direction of changes in the compositions of derivatives of melts.

Keywords: *Yulinsk complex, petrography, mineralogy, structural features, mineral composition*

References

- Bazhenov I.K. *Osnovnye cherty metallogenii vostochnogo sklona Kuznetskogo Alatau. Sovetskaya geologiya* [The main features of metallogeny of the eastern slope of the Kuznetsk Alatau, Soviet Geology]. Sb.27, 1947. pp. 47–54.
- Bezzubtsev V.V., Makhlav M.L., Kirichenko V.T., Perfilova O.Yu. i dr. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Altae-Sayanskaya. List N-46-Abakan. Ob'yasnitel'naya zapiska*. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). Altai-Sayan series. Sheet N-46 - Abakan. Explanatory letter]. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2008. 391 p.
- Kotelnikov A.D., Makarenko N.A., Derban A.G., Kotelnikova I.V. et al. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200 000. Izdaniye vtoroye. Seriya Minusinskaya. List N-46-XIX (Ust'-Byur'). Obyasnitel'naya zapiska*. [State geological map of the Russian Federation on a scale of 1:200 000. Second edition. Minusinskaya series. Sheet N-46-XIX (Ust'-Byur). Explanatory letter. [State geological map of the Russian Federation on a scale of 1: 200 000. Second edition. Minusinskaya series. Sheet N-46-XIX (Ust'-Byur). Explanatory letter]. St. Petersburg: Cartography factory VSEGEI, 2018, 330 pp. In Russian
- Lipishanov A.P., Perfilova O.Yu. *Geologicheskoe doizucheniye masshtaba 1:50 000 i obshchie poiski na Tuimskoy ploshchadi v vostochnoy chasti Kuznetskogo Alatau v 1989–1993 gg* [Additional geological exploration at a scale of 1: 50 000 and general prospecting in the Tuim area in the eastern part of the Kuznetsk Alatau in the period 1989–1993]. T. 1, 2. In Russian
- Lipishanov A.P., Perfilova O.Yu., Sidoras S.D. *Ordovikiy magmatizm vostochnogo sklona Kuznetskogo Alatau* [Ordovician magmatism of the eastern slope of the Kuznetsk Alatau] // Problemy geologii Sibiri: Tez. dokl. nauchn. konf. 3-5 aprelya 1996 g. T. 1. Tomsk: Izd-vo Tom. gos. un-ta, 1996. pp. 73–74. In Russian
- Perfilova O.Yu., Mikhaylenko V.V., Koptev I.I., Sidoras S.D. *Koshkulakskiy etalon ordovikskoy vulkano-plutonicheskoy assotsiatsii (Kuznetskiy Alatau)* [Koshkulak standard of the Ordovician volcano-plutonic association (Kuznetsk Alatau)]. Krasnoyarsk: KNIIGIMS, 1999. 159 pp. In Russian
- Perfilova O.Yu. *Osobennosti veshchestvennogo sostava yulinskogo montsonit-granosienitovogo kompleksa ordovikskogo vozrasta (Kuznetskiy Alatau)* [Features of the material composition of the Yulinsk monzonite-granosyenite complex of the Ordovician age (Kuznetskiy Alatau)] // Mineraly i rudy Krasnoyarskogo kraya. Krasnoyarsk: RIU KNIIGIMS, 1999. pp. 75–80. In Russian
- Polyukhova M.V., Chernyshov A.I. *Petrogeokhimicheskie osobennosti porod Koturskogo massiva (Kuznetskiy Alatau)* [Petrogeochemical features of rocks of Kotursky massif (Kuznetsk Alatau)] // Vestnik geonauk. 2020. 4(304). pp. 26–32. In Russian
- Sekretarev M. N., Lipishanov A.P., Mikhaylenko V.V. i dr. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200 000. Izd. vtoroe. Seriya Minusinskaya. List N-46-XIII (Sorsk). Ob'yasnitel'naya zapiska* [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200,000. Ed. second. Minusinskaya series. Sheet N-46-XIII (Sorsk). Explanatory letter]. Moscow: MF VSEGEI, 2015. pp. 205. In Russian
- Leake B.E., Woolley A.R., Birch W.D., Burke E.A.J., Ferraris G., Grice J.D., Hawthorne F.C., Kisch H.J., Krivovichev V.G., Schumacher J.C., Stephenson N.C.N., Whittaker E.J.W. Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature // Zapiski VMO. 2004. V. 4. pp. 31–38.
- Poldervaart A., Hess H.H. Pyroxenes in the crystallization of basaltic magma // Journ. Geol. 1951. V. 59. pp. 472.
- Tischendorf G., Forster H.-J., Gottsmann B., Rieder M. True and brittle micas: composition and solid-solution series // Miner. Mag. 2007. V. 71. pp. 285–320.

Author's:

Polyukhova Marina V., Postgraduate Student, Department of Petrology, Geology and Geography Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: poluhova_geo@mail.ru

Chernyshov Alexey I., Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor, Head at the Department of Petrography, Geology and Geography Faculty, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: aich@ggf.tsu.ru